

Rotondes

Samenvatting

Rotondes zijn veiliger dan kruispunten omdat ze het aantal potentiële conflicten tussen verkeersdeelnemers terugbrengen en de verkeerssnelheid verlagen. Vervanging van een viertakskruispunt door een rotonde zou het aantal ernstige slachtoffers op het betreffende kruispunt met ongeveer 70% doen afnemen. De doorstroming van het verkeer is op rotondes meestal beter dan op kruispunten, en de uitstoot van gassen en het lawaai nemen af, zeker vergeleken met kruispunten met stoplichten.

Wel moet rekening gehouden worden met een groter ruimtebeslag.

Er is discussie over de vraag of het veiliger is voor (brom)fietsers als ze voorrang hebben op een rotonde met vrijliggende fietspaden of juist niet. Rotondes met (brom)fietsers 'in de voorrang' blijken onveiliger te zijn, maar vanwege mobiliteitsargumenten hebben (brom)fietsers op rotondes binnen de bebouwde kom meestal toch voorrang.

Achtergrond

Homogeen gebruik van infrastructuur is een van de Duurzaam Veilig-eisen. Op de kruisingen van verkeersaders binnen de bebouwde kom, waar snelverkeer en langzaam verkeer elkaar ontmoeten, is deze homogeniteitseis te vertalen in het terugbrengen van het aantal potentiële conflicten en het verlagen van de snelheden. Rotondes komen door hun eigenschappen tegemoet aan deze eis.

Ongeveer vijftientig jaar geleden begon de rotonde in Nederland aan zijn opmars. Volgens het NWB lagen er in 2008 ongeveer 3.500 volwaardige rotondes in Nederland, waarvan ongeveer 2.000 kleinere rotondes (met een diameter tussen 20 en 30 m). Ongeveer driekwart van deze rotondes ligt op gemeentelijke wegen. Sinds het verschijnen van nieuwe rotondes zijn er over allerlei aspecten discussies gevoerd, bijvoorbeeld over voorrang voor het verkeer op de rotonde, de verschillende rotondevarianten en de veiligheid van de voorrangsregeling op vrijliggende fietspaden: zijn fietsers veiliger 'in' of 'uit de voorrang'?

Waardoor worden kruispuntongevallen veroorzaakt?

Kruispunten vormen in een verkeersnetwerk de schakels tussen verschillende wegen. De stroomfunctie is op kruispunten vaak ondergeschikt aan de uitwisselingsfunctie. In principe zijn kruispunten op gebiedsontsluitingswegen (GOW's) gelijkvloers. Hierdoor zijn er op kruispunten meer conflicten dan op wegvakken, met verschillen in richting, snelheid en massa. Daarnaast is door de complexe verkeerssituatie op een kruispunt de verkeersdruk voor bestuurders moeilijker. Bestuurders moeten in korte tijd hun route bepalen, hun voertuig besturen en daarbij ook nog rekening houden met (on)verwachte handelingen van andere verkeersdeelnemers - zie ook de SWOV-factsheet [Kruispunttypen](#).

Wat is de bijdrage van de rotonde aan de onveiligheid op kruispunten?

Van alle geregistreerde verkeersslachtoffers (doden en ziekenhuisgewonden) in de periode 2005-2007, viel 44 procent op kruispunten. Dat blijkt uit de ongevallenregistratie in Nederland (BRON – Ministerie van Verkeer en Waterstaat). Ruim twee derde van deze slachtoffers viel op kruispunten binnen de bebouwde kom, iets minder dan een derde op kruispunten buiten de bebouwde kom. Slechts een zeer klein deel van deze slachtoffers valt op rotondes. Het is niet bekend welk deel precies, want het aantal rotondes is wel bekend (zie hiervoor) maar het aantal kruispunten niet. Naar schatting (Slop, 1995) zijn er bijna 300.000 kruispunten in Nederland, waarvan (slechts) enkele tienduizenden op locaties liggen die vergelijkbaar zijn met locaties waar rotondes liggen.

Wat voor soorten rotondes zijn er?

Er zijn verschillende soorten rotondes. De belangrijkste zijn de enkelstrooksrotonde en de tweestrooksrotonde; een bijzondere vorm van tweestrooksrotonde is de turborotonde. Enkelstrooksrotondes hebben, zoals de naam aangeeft, slecht één rijstrook. Bij veel autoverkeer is echter een extra rijstrook noodzakelijk; zo ontstaat de tweestrooksrotonde. Op een tweestrooksrotonde ontstaan

vaak conflicten bij het weven. Dit probleem is opgelost bij de turboronde, die het mogelijk maakt de rotonde te verlaten zonder in conflict te komen met het overige verkeer.

Het grote voordeel van de tweestrooksrotonde is de hogere capaciteit (zie *Tabel 1*), maar er zijn ook nadelen ten opzichte van de enkelstrooksrotonde: de hogere snelheden door de bredere rijbaan, de complexere verkeerssituatie door rijstrookwisselingen en weven op de rotonde, snijconflicten bij de afritten en de langere oversteek voor langzaam verkeer. Het laatste probleem kan verholpen worden door het toepassen van enkele in plaats van dubbele toe- en afritten. Hierdoor heeft de rotonde weliswaar een lagere capaciteit, maar de enkele afrit zorgt voor een lagere snelheid en een kortere oversteeklengte voor langzaam verkeer, en hij voorkomt afdekkingsgevaar.¹

Soort rotonde	Etmaalintensiteit (mvt/etmaal)	Conflictbelasting (pae/uur)
Enkelstrooks	20.000 - 25.000	1.500
Tweestrooks met enkele toe- en afritten	22.000 - 30.000	1.500
Tweestrooks met dubbele toe- en afritten	35.000 - 40.000	2.100 - 2.400

Tabel 1. *Vuistregels voor de capaciteit van rotondes (CROW, 1998).*

Met de problemen van een tweestrooksrotonde in het achterhoofd is de turboronde ontwikkeld (*Afbeelding 1*). Deze maakt het, door de spiraalbelijning, mogelijk om de tweestrooksrotonde te verlaten zonder dat er langsconflicten (situaties waarbij de flanken van voertuigen elkaar (kunnen) raken) optreden. Een turboronde heeft in essentie de volgende kenmerken:

- op de rotonde wordt niet geweven;
- verkeer dat de rotonde op wil, moet voorrang verlenen aan verkeer op twee rijstroken;
- elk segment heeft één keuzestrook waarop het verkeer kan kiezen om de rotonde te verlaten of niet.



Afbeelding 1. *Turborotonde*

Voor lange voertuigen, zoals vrachtwagens en bussen, kunnen rotondes een lastig obstakel vormen. Hiermee moet rekening worden gehouden bij de vormgeving van de rotonde, zeker op wegen met veel vrachtverkeer. Voor geometrische ontwerpkenmerken van de verschillende soorten rotondes zie CROW (1998; 2002a en b)

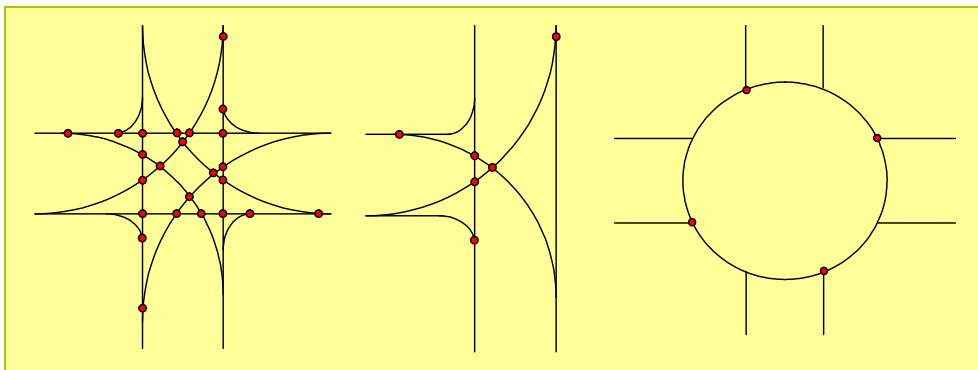
¹ Afdekkingsgevaar: als verkeer op de ene rijstrook het zicht op verkeer op de andere rijstrook belemmert, waardoor de kans op ongevallen bij oversteken vergroot wordt.

Wat is het verkeersveiligheidseffect van rotondes?

Een rotonde vermindert het aantal potentiële conflicten op een kruispunt en zorgt ervoor dat er, afgezien van minder ernstige kop-staartconflicten, maar één type (dwars)conflict overblijft (zie *Afbeelding 2*). Daarnaast verlaagt een rotonde de naderingssnelheid van het verkeer. De gewenste naderingssnelheid is 30 km/uur of lager, omdat bij die snelheid ongevallen tussen gemotoriseerd verkeer en voetgangers of fietsers bijna altijd een afloop hebben zonder dodelijk letsel (Wegman & Aarts, 2005). Om deze naderingssnelheid te garanderen dient de rotonde echter te voldoen aan specifieke ontwerpeisen ten aanzien van de opeenvolging van bochten die motorvoertuigen moeten maken bij het naderen en berijden van een rotonde. De huidige eisen (CROW, 1998) gaan echter uit van een naderingssnelheid van ongeveer 35 km/uur, dus een hogere snelheid dan gewenst. CROW (1998) geeft wel rekenkundige aanwijzingen om een rotonde te ontwerpen met lagere naderingssnelheden.

Binnen de bebouwde kom

Er zijn in Nederland diverse onderzoeken uitgevoerd naar de verkeersveiligheidseffecten van het vervangen van een viertakskruispunt door een enkelstrooksrotonde (Van Minnen, 1990; 1995; 1998; Dijkstra, 2005). Dijkstra (2005) concludeert dat het vervangen van een viertakskruispunt door een rotonde leidt tot een reductie van het aantal ernstige slachtoffers op het betreffende kruispunt met ongeveer 75%. Onder fietsers, brom- en snorfietsers is er een kleinere reductie van ongeveer 60%. Bovenstaande percentages kunnen een overschatting zijn van het effect, onder andere omdat de gevaarlijkste kruispunten het eerst in aanmerking komen voor verkeersveiligheidsmaatregelen ('afnemende gevaarstelling'). Elvik (2003) heeft dertig voor- en nastudies uit diverse landen opnieuw bestudeerd, correcties uitgevoerd, en een netto-effect gevonden van gemiddeld 30 tot 50 procent.



Afbeelding 2. Aantal potentiële conflicten op verschillende kruisingstypen.

Buiten de bebouwde kom

Fortuijn (2005a) heeft onderzoek gedaan naar de effecten van de vervanging van 58 kruispunten door 51 enkelstrooksrotondes en zeven turborotondes op provinciale wegen in Zuid-Holland met vrijliggende fietspaden met fietsers 'uit de voorrang'. Hij vindt voor zowel enkelstrooks- als dubbelstrooksrotondes een afname van meer dan 80% van het aantal ongevallen met letsel (dus inclusief lichtgewonden). Gecorrigeerd voor bovengenoemde 'afnemende gevaarstelling' daalt dat percentage naar 70%.

Wat zijn de mobiliteits- en milieueffecten van een rotonde?

De doorstroming van het verkeer op een rotonde hangt af van het verkeersaanbod op de toeleidende richtingen. Een evenwichtige verdeling over deze wegen zorgt voor een goede doorstroming. Bij een gelijkmatige aankomst van de voertuigen kan op een rotonde de wachttijd korter zijn dan op een kruispunt met verkeerslichten. Op kruispunten met een onevenwichtige belasting kan een rotonde (op een enkele toerit) tot een langere wachttijd leiden. Tijdens rustige uren is bij een rotonde nauwelijks sprake van wachttijd. Het is echter niet mogelijk om een bepaalde aanvoertak voorrang te geven door bijvoorbeeld een langere groentijd van de verkeerslichten, wat op een kruispunt wel kan. In de regel is op een rotonde, ook zonder voorrang, de wachttijd voor fietsers en voetgangers korter dan bij een verkeerslicht.

Volgens Hydén & Várhelyi (2000) stijgt de emissie bij het vervangen van een voorrangskruispunt door een rotonde met 6% voor CO en 4% voor NO_x. Bij het vervangen van een kruispunt met

verkeerslichten daalt de emissie van CO met 29% en NO_x met 21%. De geluidsemissie daalt in beide gevallen.

Op wat voor soort wegen horen rotondes thuis, en liggen ze daar ook?

In principe worden rotondes aangelegd op kruispunten van gebiedsontsluitingswegen (GOW's) binnen en buiten de bebouwde kom en ook wel op plaatsen in GOW's waar de snelheidslimiet verandert, zoals komgrenzen en overgangen van wegcategorieën. Rotondes kunnen niet overal worden aangelegd; ruimtegebrek is hierbij vaak een factor. Verder moet de toepassing van een rotonde op structuurniveau logisch zijn, en moet de beoogde trajectnelheid in ogenschouw genomen worden. Uit het oogpunt van homogenere verkeersstromen mag het aantal aansluitingen op een GOW niet te hoog zijn. Een rotonde kan niet worden toegepast bij zeer hoge verkeersintensiteiten, grote verschillen in intensiteiten tussen de toeleidende verkeersstromen (waardoor verkeer uit bepaalde richtingen de rotonde niet op kan komen) of bij zeer hoge fietsintensiteiten (bij fietsers 'in de voorrang'). Doumen & Weijermars (2009) constateren dat de toepassing van rotondes binnen de bebouwde kom op GOW's nog niet volledig is gerealiseerd; deze achterstand geldt nog sterker voor GOW's buiten de bebouwde kom.

Wat is veiliger, fietsers 'in' of 'uit de voorrang' op vrijliggende fietspaden langs een rotonde?

'Voorspelbaar gebruik' is een eis voor infrastructuur binnen Duurzaam Veilig. Deze eis hangt nauw samen met 'herkenbaarheid' en 'uniformiteit'. Op dit gebied laten rotondes nog wat te wensen over. Naast de verschillende vormen van rotondes zijn er ook verschillen in het type fietsvoorziening en in het type voorrangregeling voor fietsers op vrijliggende fietsvoorzieningen. Omdat rotondes met vrijliggende fietspaden een aanzienlijk lager aantal slachtoffers per rotonde hebben dan rotondes met fietsstroken, raadt Van Minnen (1995) de toepassing van fietsstroken op rotondes af.

Om uniformiteit in de voorrang op rotondes te bewerkstelligen beveelt het CROW (1998) aan om fietsers op vrijliggende fietsvoorzieningen langs rotondes buiten de bebouwde kom *geen* voorrang te laten hebben op het gemotoriseerde verkeer, en op rotondes binnen de bebouwde kom *wel*. Op bijna alle rotondes buiten de bebouwde kom zijn fietsers nu 'uit de voorrang'. Binnen de bebouwde kom is de voorrangregeling voor fietsers op zo'n 60% van de rotondes conform de CROW-aanbeveling. Volgens CROW (1998) blijken rotondes met fietsers in de voorrang "iets minder veilig" te zijn dan rotondes met fietsers uit de voorrang. Dijkstra (2005) geeft meer zicht op de omvang van dat "iets minder": tussen de 52 en 73 extra ziekenhuisgewonden per jaar. Fortuijn (2005b) concludeert dat het aantal letselongevallen op rotondes met fietsers in de voorrang ruim twee maal zo hoog is als op rotondes met fietsers uit de voorrang. Het feit dat het CROW de aanbeveling doet om fietsers voorrang te geven, heeft niet met deze veiligheidskwestie te maken maar met mobiliteitsargumenten pro fiets.

Dijkstra (2005) noemt twee mogelijke verklaringen voor het feit dat rotondes met fietsers in de voorrang onveilig zijn dan rotondes met fietsers uit de voorrang. Ten eerste zouden automobilisten ten onrechte menen voorrang boven de fiets te hebben, wellicht in verwarring gebracht door het gebrek aan uniformiteit van de voorrangregeling op rotondes. Bovendien zouden automobilisten op een rotonde (te) veel waarnemingen in korte tijd moeten uitvoeren, waardoor een fietser te laat wordt opgemerkt.

De SWOV ging in 1998 akkoord met de aanbeveling 'fietsers in de voorrang' mits de CROW-aanbevelingen voor de vormgeving van rotondes opgevolgd zouden worden. De SWOV verwachtte dat rotondes met een dergelijke vormgeving daadwerkelijk veiliger zouden zijn. Helaas blijken rotondes in de praktijk lang niet altijd volgens deze aanbevelingen te zijn vormgegeven. Als dit wel het geval is, blijkt er bovendien geen veiligheidswinst op te treden (Dijkstra, 2005).

Wat zijn de kosten en baten van het aanleggen van een rotonde?

De kosten van vervanging van een kruispunt door een enkelstrooksrotonde worden geschat op ongeveer € 400.000 (Wesemann, 2000). Deze kosten zijn afhankelijk van de grootte van de rotonde. De kosten voor dubbelstrooksrotondes worden rond de € 600.000 geschat (DHV, 2000). Dijkstra (2005) laat zien dat het veranderen van de voorrangregeling voor fietsers op alle aangelegde rotondes van 'in de voorrang' naar 'uit de voorrang', voornamelijk door markering, kosteneffectief is en dat de maatschappelijke baten groter zijn dan de kosten

Conclusies

Een rotonde vermindert het aantal conflicten op een kruispunt (zie *Afbeelding 2*) en zorgt ervoor dat alleen het dwarsconflict overblijft. Daarnaast verlaagt een rotonde de snelheid waarmee verkeer het kruispunt nadert. Voor de effecten van rotondes wordt onderscheid gemaakt tussen rotondes binnen en buiten de bebouwde kom. Het vervangen van een viertakskruispunt door een rotonde heeft in het verleden geleid tot een reductie van het aantal ernstige slachtoffers met ongeveer 75%. Deze percentages kunnen een overschatting zijn van het huidige effect. Buiten de bebouwde kom leidt de vervanging van een viertakskruispunt (zowel een voorrangskruispunt als een kruispunt met verkeerslichten) door een enkelstrooksrotonde tot een reductie van 70% slachtofferongevallen. Ook voor turborotondes kan een reductiepercentage van 70% aangehouden worden. Er moet wel rekening gehouden worden met de mobiliteitseffecten en het extra ruimtebeslag. De milieueffecten (schadelijke gassen en geluid) zijn positief als de rotonde een kruispunt met verkeerslichten vervangt. Een rotonde die een ongeregeld kruispunt vervangt, geeft een enigszins hogere uitstoot van gassen maar minder geluidshinder.

Aanbevelingen

Het verdient aanbevelingen om kruispunten op locaties die daar geschikt voor zijn, te vervangen door een rotonde.

Over de voorrangsregeling voor fietsers (bij rotondes met vrijliggende fietspaden) bestaat geen consensus. Het CROW beveelt aan om fietsers binnen de bebouwde kom 'in de voorrang' en buiten de bebouwde kom 'uit de voorrang' te houden. Uit verkeersveiligheidsoogpunt zou ook in de bebouwde kom de fietser op rotondes 'uit de voorrang' moeten blijven.

Publicaties en bronnen

CROW (1998). [Eenheid in rotondes](#). Publicatie 126. CROW Kenniscentrum voor verkeer, vervoer en infrastructuur, Ede.

CROW (2002a). [Handboek wegontwerp – Gebiedsontsluitingswegen](#). Publicatie 164c, CROW Kenniscentrum voor verkeer, vervoer en infrastructuur, Ede.

CROW (2002b). [Fietsoversteken op rotondes: supplement bij publicatie 126 'Eenheid in rotondes'](#). Publicatie 126a. CROW Kenniscentrum voor verkeer, vervoer en infrastructuur, Ede.

DHV (2000). [Kosten en effecten van infrastructurele maatregelen: Duurzaam Veilig in de provincie Zuid-Holland](#). In opdracht van provincie Zuid-Holland en Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Directie Zuid-Holland. DHV Milieu en Infrastructuur, Amersfoort.

Dijkstra, A. (2005). [Rotondes met vrijliggende fietspaden ook veilig voor fietsers? Welke voorrangsregeling voor fietsers is veilig op rotondes in de bebouwde kom?](#) R-2004-14. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.

Doumen, M.J.A. & Weijermars, W.A.M. (2009). [Hoe Duurzaam Veilig zijn de Nederlandse wegen ingericht? Vragenlijststudie onder wegbeheerders](#). D-2009-5. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.

Elvik (2003). [Effects on Road safety of Converting Intersections to Roundabouts](#). In: Transportation Research Record 1847, p. 1-10. Transportation Research Board, Washington D.C.

Fortuijn, L.G.H. (2005a). [Veiligheidseffect turborotondes in vergelijking met enkelstrooksrotondes](#). In: Verkeerskundige werkdagen 2005, Ede, 31 p.

Fortuijn, L.G.H. (2005b). [Voorrangsregeling fietsers op rotondes; Overzicht van gegevens uit Nederlandse studies sinds 2000](#). In: Verkeerskundige Werkdagen 2005, Ede, 22 p.

Hydén, C. & Várhelyi, A. (2000). [The effects on safety, time consumption and environment of large scale use of roundabouts in an urban area: a cast study](#). In: Accident Analysis & Prevention. Vol. 32, nr. 1 p. 11-23. .

Minnen, J. van (1990). [Ongevallen op rotondes; Vergelijkende studie van de onveiligheid op een aantal locaties waar een kruispunt werd vervangen door een "nieuwe" rotonde.](#) R-90-47. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.

Minnen, J. van (1995). [Rotondes en voorraangsregelingen. Verslag van een drietal onderzoeken: de ontwikkeling van de veiligheid op nieuwe rotondes, het wijzigen van de voorrang op oudere pleinen en de regeling van de voorrang voor fietsers rond rotondes.](#) R-95-58. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.

Minnen, J. van (1998). [Rotondes en voorraangsregelingen II; Uniformering voorraangsregeling op oudere pleinen, veiligheid fietsvoorzieningen en tweestrooks rotondes.](#) R-98-12. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.

Slop, M. (1995). [Kostenindicatie opheffing voorrang gemotoriseerd verkeer op niet-gemotoriseerd verkeer.](#) R-95-13. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.

Wegman, F.C.M. & Aarts, L.T. (red.) (2005). [Door met duurzaam veilig: Nationale Verkeersveiligheidsverkenning voor de jaren 2005-2020.](#) Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.

Wesemann, P. (2000). [Verkeersveiligheidsanalyse van het concept-NVVP. Deel 2: Kosten en kosteneffectiviteit.](#) D-2000-9 II. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Leidschendam.